

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: **09102774 A**(43)Date of publication of
application: 15. 04 . 97(51)Int. Cl. **H04J 11/00**(21)Application number: **07257508**(22)Date of filing: **04 . 10 . 95**(71)Applicant: **IKEGAMI TSUSHINKI CO
LTD NIPPON HOSO KYOKAI
<NHK>**(72)Inventor: **NAKAGAWA SUMIO
HIRASAWA OSAMU
SHIBUYA KAZUHIKO
OTSUKA MORIHIRO
TANAKA TADAAKI
OKAMURA HIROSHI**(54)**AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL
METHOD AND DEVICE**

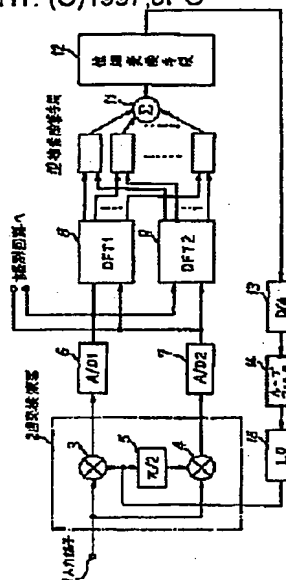
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect frequency difference with high follow-up performance and to correct the oscillation frequency of a local oscillator by calculating the phase difference from each of data that undergone discrete Fourier transformation.

SOLUTION: The signals Which undergone frequency modulation via a quadrature detector 2 to plural modulating signals of a base band are converted into the digital signals by the 1st and 2nd A/D converters 6 and 7. The signals of both converters 6 and 7 are inputted to the 1st and 2nd discrete Fourier transformers 8 and 9 respectively. The transformer 8 applies the discrete Fourier transformation to some of data of a guard interval, and the transformer 9 applies discrete Fourier transformation to some of data of a valid symbol period. The conversion areas of both transformers 8 and 9 are set at the positions which are shifted from each

other by a single valid symbol period. A phase difference is detected out of the data that undergone the discrete Fourier transformation, so that a frequency difference is detected and the oscillation frequency of a local oscillator is corrected.

COPYRIGHT: (C)1997 JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-102774

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 4 J 11/00

識別記号 片内整理番号

F I
H 0 4 J 11/00

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平7-257508

(22) 出願日 平成7年(1995)10月4日

(71) 出願人 000209751

池上通信機株式会社

東京都大田区池上5丁目6番16号

(71) 出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(72) 発明者 中川 澄雄

東京都大田区池上5丁目6番16号 池上通信機株式会社内

(72) 発明者 平沢 修

東京都大田区池上5丁目6番16号 池上通信機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外4名)

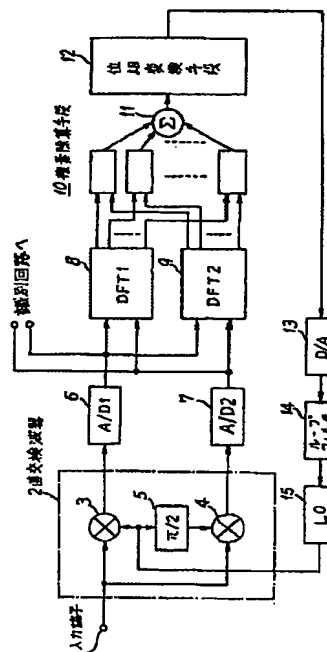
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動周波数制御方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 伝送効率、周波数追従性のともによいOFDM信号伝送方式用に、復調側に改善された自動周波数制御装置を設ける必要があった。

【解決手段】 ガードインターバルを付加したOFDM信号における有効シンボル期間の信号の相似性を利用して、OFDM信号の1シンボル期間のうち有効シンボル期間の一部の期間のデータとガードインターバルの一部の期間のデータをそれぞれ離散フーリエ変換(8、9)し、離散フーリエ変換されたそれぞれのデータから位相差を計算して(10、11、12)周波数ずれを検出し、局部発振器(15)の発振周波数を補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガードインターバルを有するOFDM信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号による直交検波器によりベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する第一のステップと、該周波数変換された複素変調信号をデジタル信号に変換する第二のステップと、前記デジタル信号のガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する第三のステップと、前記デジタル信号の前記ガードインターバル期間の一部とは1有効シンボル期間離れた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する第四のステップと、前記第三のステップの結果と前記第四のステップの結果を複素除算する第五のステップと、前記第五のステップの結果を位相変換する第六のステップと、前記第六のステップの結果をアナログ信号へ変換する第七のステップと、前記第七のステップの結果のアナログ信号をフィルタする第八のステップと、前記第八のステップの結果により前記局部発振信号を制御することを特徴とした自動周波数制御方法。

【請求項2】 ガードインターバルを有するOFDM信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号によりベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する直交検波器と、該直交検波器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のA/D変換器および第2のA/D変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号のガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する第1の離散フーリエ変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号の前記ガードインターバル期間の一部とは1有効シンボル期間はなれた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する第2の離散フーリエ変換器と、前記第1の離散フーリエ変換器の出力信号と前記第2の離散フーリエ変換器の出力信号を複素除算する複素除算手段と、該複素除算手段の出力信号を位相に相当する信号に変換する位相変換手段と、該位相変換手段の出力信号をアナログ信号に変換するD/A変換器と、該D/A変換器の出力信号をフィルタするループフィルタと、該ループフィルタの出力信号により発振周波数が制御され前記直交検波器の局部発振信号を出力する局部発振器と、を具備したことを特徴とする自動周波数制御装置。

【請求項3】 前記複素除算手段が複数個の複素除算器で構成され、複数個の前記複素除算器のそれぞれの出力信号を複素加算する複素加算器を具え、該複素加算器の出力信号を前記位相変換手段に印加することを特徴とする請求項2記載の自動周波数制御装置。

【請求項4】 前記位相変換手段がROMにより構成されることを特徴とする請求項2または3記載の自動周波数制御装置。

【請求項5】 ガードインターバルを有するOFDM信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号により

ベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する直交検波器と、該直交検波器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のA/D変換器および第2のA/D変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号のガードインターバル期間の一部および前記ガードインターバル期間と1有効シンボル期間はなれた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する離散フーリエ変換器と、前記ガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する離散フーリエ変換器の出力を記憶する記憶手段と、前記記憶手段の出力信号と前記1有効シンボル期間はなれた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する離散フーリエ変換器の出力信号を複素除算する複素除算手段と、該複素除算手段の出力信号を位相に相当する信号に変換する位相変換手段と、該位相変換手段の出力信号をアナログ信号に変換するD/A変換器と、該D/A変換器の出力信号をフィルタするループフィルタと、該ループフィルタの出力信号により発振周波数が制御され前記直交検波器の局部発振信号を出力する局部発振器と、を具備したことを特徴とする自動周波数制御装置。

【請求項6】 前記複素除算手段が複数個の複素除算器で構成され、複数個の前記複素除算器のそれぞれの出力信号を複素加算する複素加算器を具え、該複素加算器の出力信号を前記位相変換手段に印加することを特徴とする請求項5記載の自動周波数制御装置。

【請求項7】 前記位相変換手段がROMにより構成されることを特徴とする請求項5または6記載の自動周波数制御装置。

【請求項8】 ガードインターバルを有するOFDM信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号によりベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する直交検波器と、該直交検波器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のA/D変換器および第2のA/D変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号のガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する第1の離散フーリエ変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号の前記ガードインターバル期間の一部とは1有効シンボル期間はなれた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する第2の離散フーリエ変換器と、前記第1のフーリエ変換器の出力信号を位相変換する第1の位相変換手段と、前記第2のフーリエ変換器の出力信号を位相変換する第2の位相変換手段と、前記第1の位相変換手段の出力信号と前記第2の位相変換手段の出力信号を減算する減算器と、該減算器の出力信号をアナログ信号に変換するD/A変換器と、該D/A変換器の出力信号をフィルタするループフィルタと、該ループフィルタの出力信号により発振周波数が制御され前記直交検波器の局部発振信号を出力する局部発振器と、を具備したことを特徴とする自動周波数制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)の伝送装置に係り、特に、OFDM伝送信号を復調するデジタル復調装置のAFC(Automatic Frequency Control:自動周波数制御)に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、OFDMの受信機においてAFCの再生キャリアの周波数校正は、送信側で周期的に時分割多重した参照信号を受信側で抽出し、その参照信号を基準信号として再生キャリア周波数の校正を行っている(例えば、参考文献:Ch. Dosch 他, "First public demonstrations of COFDM/MASCOM. A milestone for the future of radio broadcasting", EBU Review-Technical, No. 232(December 1988))。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一般に、参照シンボルは情報伝送には寄与しない。伝送効率を低下させないためには参照シンボルの間隔を大きくとる必要がある。しかし、参照シンボルの間隔があまり大きいと周波数の引き込みに長い時間を必要とし、また引き込む周波数範囲が狭くなるという欠点を生ずる。そこで本発明の目的は、これらの課題に配慮し、伝送効率、周波数追従性のともによいOFDM伝送信号のデジタル復調装置用自動周波数制御装置を提供せんとするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明自動周波数制御装置は、ガードインターバルを有するOFDM信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号による直交検波器によりベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する第一のステップと、該周波数変換された複素変調信号をデジタル信号に変換する第二のステップと、前記デジタル信号のガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する第三のステップと、前記デジタル信号の前記ガードインターバル期間の一部とは一有効シンボル期間離れた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する第四のステップと、前記第三のステップの結果と前記第四のステップの結果を複素除算する第五のステップと、前記第五のステップの結果を位相変換する第六のステップと、前記第六のステップの結果をアナログ信号へ変換する第七のステップと、前記第七のステップの結果のアナログ信号をフィルタする第八のステップと、前記第八のステップの結果により前記局部発振信号を制御することの特徴とする。

【0005】また、本発明自動周波数制御装置は、ガードインターバルを有するOFDM信号信号を受信し、該OFDM受信信号を局部発振信号によりベースバンド帯の複素変調信号へ周波数変換する直交検波器と、該直交検波器の出力信号をデジタル信号に変換する第1のA/D

変換器および第2のA/D変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器出力信号のガードインターバル期間の一部を離散フーリエ変換する第1の離散フーリエ変換器と、前記第1のA/D変換器の出力信号と前記第2のA/D変換器の出力信号の前記ガードインターバル期間の一部とは1有効シンボル期間離れた有効シンボル期間の一部を離散フーリエ変換する第2の離散フーリエ変換器と、前記第1の離散フーリエ変換器の出力信号と前記第2の離散フーリエ変換器の出力信号を複素除算する複素除算手段と、該複素除算手段の出力信号を位相に相当する信号に変換する位相変換手段と、該位相変換手段の出力信号をアナログ信号に変換するD/A変換器と、該D/A変換器の出力信号をフィルタするループフィルタと、該ループフィルタの出力信号により発振周波数が制御され前記直交検波器の局部発振信号を出力する局部発振器と、を具備したことを特徴とするものである。

【0006】また、雑音の影響を軽減するため、本発明自動周波数制御装置は、前記複素除算手段が複数個の複素除算器で構成され、複数個の前記複素除算器のそれぞれの出力信号を複素加算する複素加算器を具え、該複素加算器の出力信号を前記位相変換手段に印加することを特徴とするものである。さらに、好適には本発明自動周波数制御装置は、前記位相変換手段がROMにより構成されることを特徴とするものである。また、さらなる変更は、二つの離散フーリエ変換手段を用いずに、一つの離散フーリエ変換手段と、記憶手段により変更する事も可能である。また、複素除算器を用いずに、位相成分のみを減算することにより実行することも可能である。

【0007】本発明は、離散フーリエ変換を実行する領域が2つある。1つはガードインターバル期間の後縁にあり、もう一つは、有効シンボル期間の後縁にある。ガードインターバル期間には有効シンボル期間の後方の部分をそのまま有効シンボル期間の前方に付加して送信機より伝送するものであるから、受信機で正しい復調キャリアと正しいタイミングで復調されれば、ガードインターバル期間の後縁と有効シンボル期間の後縁の領域は同じ波形になる。したがって、それを離散フーリエ変換した結果の周波数データも当然同じになる。一方、復調キャリアに周波数偏差があると、二つの離散フーリエ変換した結果には周波数偏差に比例した位相変化量が得られる。従って、ガードインターバル期間の後縁と有効シンボル期間の後縁の領域の離散フーリエ変換結果の位相差から周波数偏差を計算し、再生キャリアの発振器を制御することで自動周波数制御を実現することが可能である。

【0008】本発明においては、OFDM信号の1シンボル期間のうち有効シンボル期間の一部の期間のデータとガードインターバルの一部の期間のデータをそれぞれ離散フーリエ変換し、好適にはフーリエ変換されたそれ

それぞれのデータから位相差を計算して周波数ずれを検出し、局部発振器の発振周波数を補正するため、伝送歪みが生じたとしても、2つの部分的離散フーリエ変換領域はもともと同じ波形であるから（有効シンボル間隔放）ほぼ等しい歪みが発生するので、その2つの領域の離散フーリエ変換データから計算される周波数ずれの検出信号に及ぼす影響は小さく、伝送歪みに強い。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照し、実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。図1は本発明第1の実施例の構成ブロック線図である。図1において、入力端子1に入力したOFDM信号は、直交検波器2により準同期検波され、ベースバンド帯の複素変調信号に周波数変換される。ここで、直交検波器2は第1の乗算器3と第2の乗算器4と局部発振信号を $\pi/2$ 移相するための移相器5で構成されている。

【0010】直交検波器2によりベースバンド帯の複素変調信号に周波数変換された信号は、それぞれ第1のA/D変換器6と第2のA/D変換器7によりデジタル信号に変換される。A/D変換器6、7の出力信号は、第1の離散フーリエ変換器(DFT)8および第2の離散フーリエ変換器(DFT)9に入力される。第1の離散フーリエ変換器8は、例えばガードインターバルの一部のデータを離散フーリエ変換するようにし、第2の離散フーリエ変換器9は有効シンボル期間の一部のデータを離散フーリエ変換するようにする。ここで第1の離散フーリエ変換器の変換領域と第2のフーリエ変換器の変換領域は、1有効シンボル期間ずれた位置に設定している。図2において、第1の領域21と第2の領域22はそれぞれ第1の離散フーリエ変換器8、第2の離散フーリエ変換器9による変換領域に対応している。

【0011】この例では、たとえば有効シンボル期間のサンプル数が1024、ガードインターバル期間が256あり、併せて1280のデータが1シンボル期間に存在し、第1の離散フーリエ変換器8と第2の離散フーリエ変換器9は、8ポイント離散フーリエ変換器である。ここでA/D変換器6、7の出力信号にサンプル番号として1から1280をつけて説明する。第1の離散フーリエ変換器8がサンプル245から252を離散フーリエ変換するように設定すれば、第1の離散フーリエ変換器8と第2の離散フーリエ変換器9は1有効シンボル期間離れた位置に設定されるので、第2の離散フーリエ変換器9はサンプル1269から1276を離散フーリエ変換するように設定される。

【0012】第1の離散フーリエ変換器8と第2の離散フーリエ変換器9の変換領域は1有効シンボル期間離れた位置に設定すればよいが、ガードインターバル期間の先頭に近いほどゴーストの影響を受けやすいので、第1の領域21は有効シンボル期間よりに設定するのが望ましい。第1の離散フーリエ変換器8はF1(0)からF

1(7)までの変換出力データを出力している。複素除算器10にはF1(0)とF2(0)を入力しF1(0)/F2(0)を計算させる。同様に残り7個の複素除算器を用いて、F1(1)/F2(1)、F1(2)/F2(2)、...、F1(7)/F2(7)を計算する。これらの複素除算器出力信号は、複素加算器Σ11で加算される。

【0013】F1(0)/F2(0)は複素数 $x+jy$ の形で出力され、極座標に変換して $f(R, \theta)$ で表すこともできる。本発明では、 $f(R, \theta)$ の絶対値Rを必要としないので θ だけを求めればよい。すなわち、位相に相当する信号に変換する位相変換手段12により角度 θ だけを求めればよい。また、F1(0)/F2(0)、F1(1)/F2(1)、...、F1(7)/F2(7)の何れか1つだけでも本発明は実施することができるが、雑音などの外乱による影響を小さくするためにF1(0)/F2(0)、F1(1)/F2(1)、...、F1(7)/F2(7)の信号を複素加算器11で加算し平均化している。

【0014】複素加算器11の出力信号は、位相に相当する信号に変換する位相変換手段12により角度を求め、D/A変換器13でアナログ信号に変換し、さらにループフィルタ14を介して高周波成分を減衰し、局部発振器LO15を制御する。局部発振器15の出力信号は、直交検波器2に局部発振信号として入力されている。この実施例では、位相に相当する信号に変換する位相変換手段12は、 $x+jy$ から θ への計算をあらかじめ計算しておきROMに格納し、 x と y をアドレスして θ を出力している。もちろんデジタル信号処理により逐次演算してもよい。

【0015】第1の離散フーリエ変換器8と第2の離散フーリエ変換器9は、数ないし数十ポイントの離散フーリエ変換器を用いればよく、ハードウェアの規模を小さくできる。なお図3に本発明に係わるOFDM信号伝送形式の例を図示したが、区間31、32、33、34、35、36、37はそれぞれヌルシンボル、同期シンボル、シンボル1、シンボル2、シンボル3、シンボル4、シンボルNに対応するものであり、各シンボル1、2、3、4...、Nはそれぞれガードシンボル期間（斜線部）と有効シンボル期間とを有するものである。さらにOFDM信号でガードインターバル期間には有効シンボル期間の後端部と同じ信号が挿入され、有効シンボル期間にガードインターバル期間が先行するのが一般的であることを申し添えておく。

【0016】また、図4は、複素乗算器で実施する場合の第2の実施例である。複素除算は、複素共役を乗算することにより成立することは公知であるから、除算に限定されずに本発明が実施できることは明白である（図の*は複素共役をとることを示す）。

【0017】図5は、離散フーリエ変換器を二つ使用せ

ずに、一つのフーリエ変換器と記憶装置により実現した第3の実施例である。ガードインターバル期間の一部を演算した結果を記憶装置に記憶し、ガードインターバル期間と一有効シンボル期間離れた有効シンボル期間の一部の演算が終了した時点で、前記ガードインターバル期間の一部を記憶装置から読み出すことにより、複素除算を行うものである。

【0018】図6は、複素除算を使用しないで、演算に必要な位相成分のみを抽出し、減算することにより、局部発振周波数を制御する場合の第4の実施例である。すなわち、第一の離散フーリエ変換器の出力信号と第二の離散フーリエ変換器の出力信号とを極座標 $f(R, \theta)$ の形に変換し(但し R を求める必要はない)、 θ 、 $\theta_1(0), \theta_1(1), \dots, \theta_1(7)$ および $\theta_2(0), \theta_2(1), \dots, \theta_2(7)$ を求める。次に、それぞれ求めた信号を減算器に入力して $\theta_1(0) - \theta_2(0), \theta_1(1) - \theta_2(1), \dots, \theta_1(7) - \theta_2(7)$ を減算器の出力から得る。これらの信号をを加算器で平均化している。この例では、 $\theta_1(0) - \theta_2(0), \theta_1(1) - \theta_2(1), \dots, \theta_1(7) - \theta_2(7)$ のうちいずれか1つ(例えば $\theta_1(0) - \theta_2(0)$) だけでも実施可能であるが雑音などの外乱による影響を小さくするために $\theta_1(0) - \theta_2(0), \theta_1(1) - \theta_2(1), \dots, \theta_1(7) - \theta_2(7)$ の信号を加算器で平均化している。

【0019】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明の自動周波数制御装置は、1シンボル期間毎という短い周期ごとに周波数ずれが検出できるので、安定した基準搬送波の再生が可能で、周波数追従性の改善が図れる。また、パルス性雑音やフェージングなどにより一時的に自動周波数制御がはずれても速やかに引き込むことが可能である。また、送信側で参照信号を付加する必要がないため、参照信号の付加による伝送効率の低下を伴わない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1の実施例構成ブロック線図である。

【図2】本発明において部分離散フーリエ変換する領域を説明するための図である。

【図3】本発明に係るOFDM信号の伝送形式の例である。

【図4】本発明第2の実施例構成ブロック線図である。

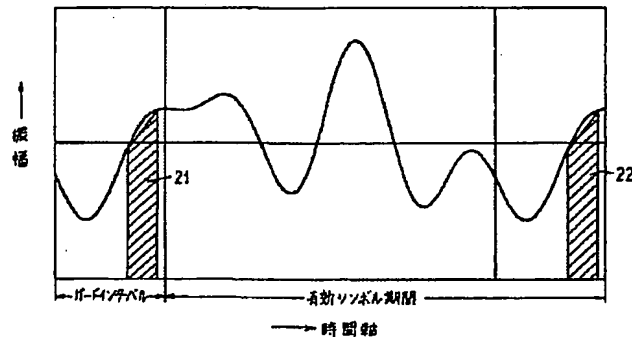
【図5】本発明第3の実施例構成ブロック線図である。

【図6】本発明第4の実施例構成ブロック線図である。

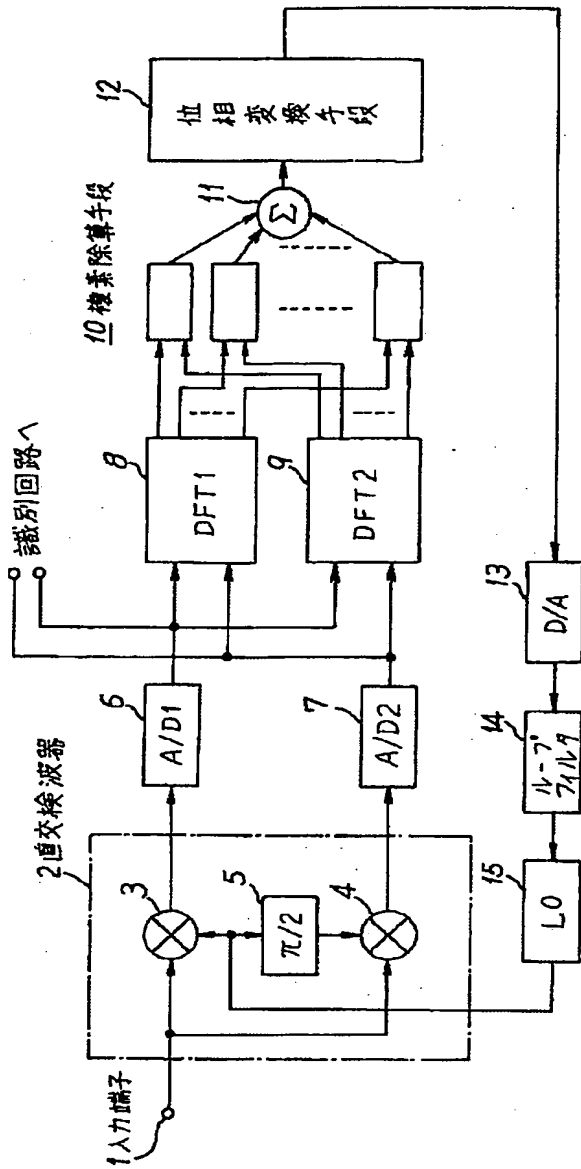
【符号の説明】

- 1 入力端子
- 2 直交検波器
- 3, 4 乗算器
- 5 移相器
- 6, 7 A/D変換器
- 8, 9 離散フーリエ変換器
- 10 複素除算手段
- 11 複素加算器
- 12 位相変換手段
- 13 D/A変換器
- 14 ループフィルタ
- 15 局部発振器
- 16 複素乗算手段
- 17 記憶装置
- 18 減算手段
- 21 第1の離散フーリエ変換領域
- 22 第2の離散フーリエ変換領域
- 31 ヌルシンボル
- 32 同期シンボル
- 33 シンボル1
- 34 シンボル2
- 35 シンボル3
- 36 シンボル4
- 37 シンボルN

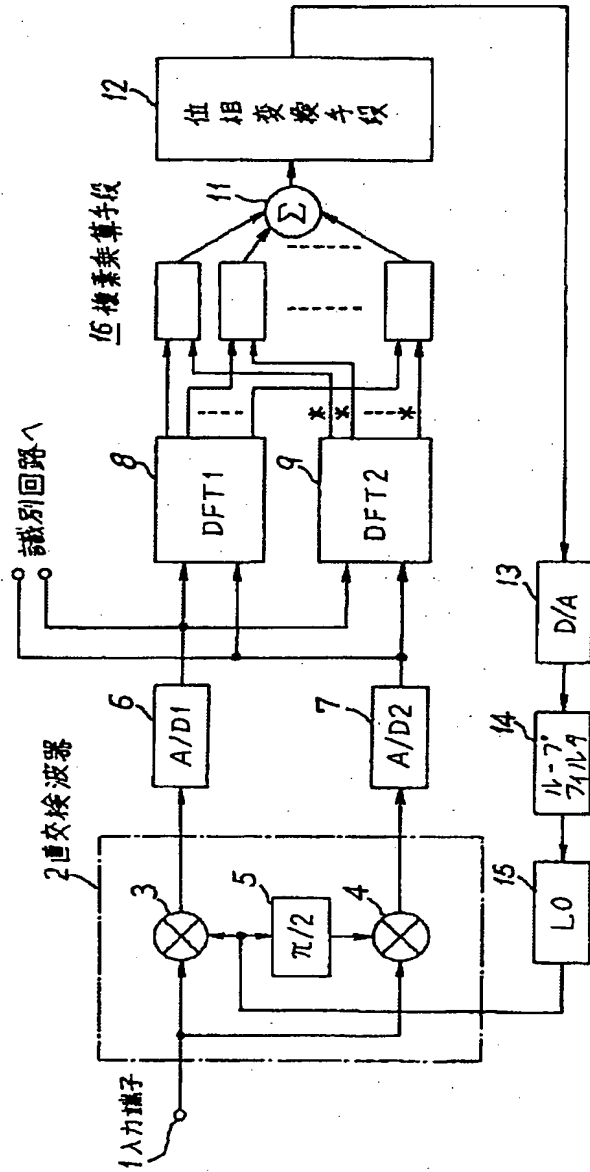
【図2】



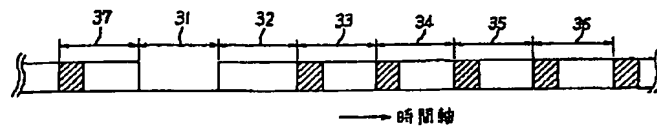
【図1】



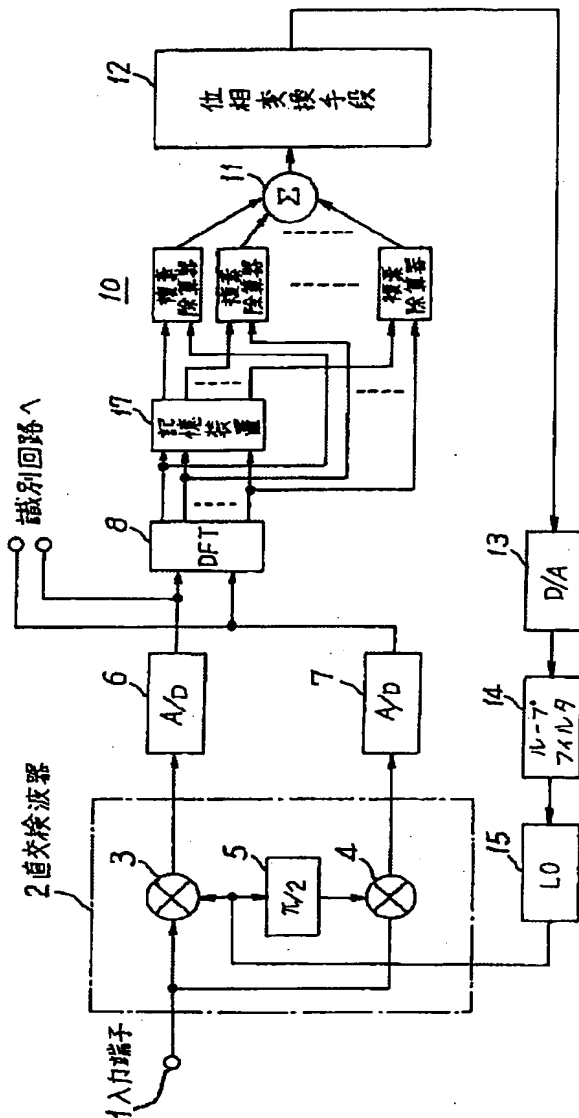
【図4】



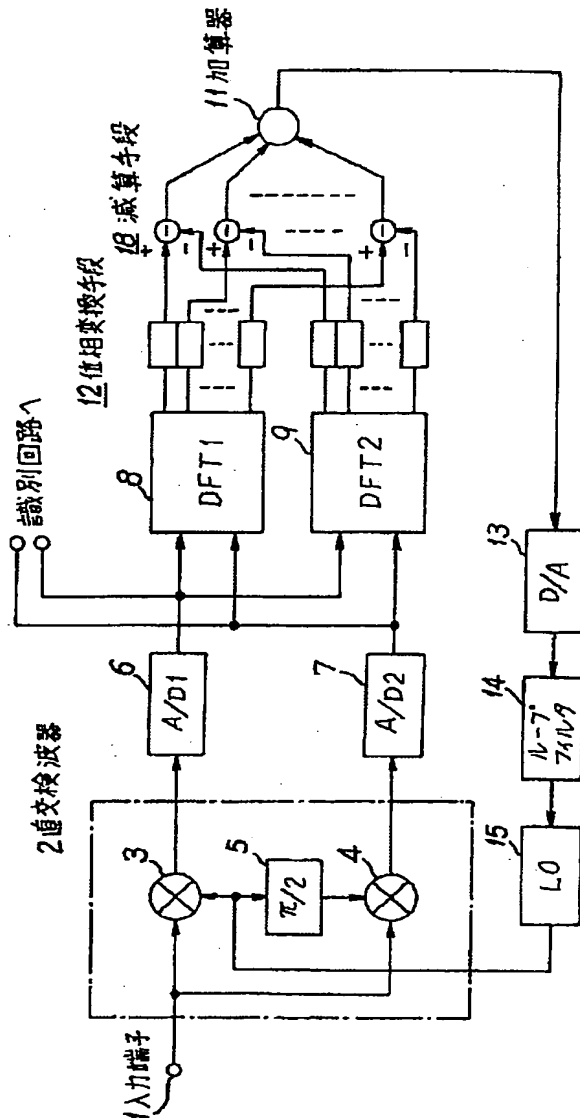
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 渋谷 一彦
東京都渋谷区神南2丁目2番1号 日本放送協会 放送センター内
(72)発明者 大塚 守弘
東京都渋谷区神南2丁目2番1号 日本放送協会 放送センター内

(72)発明者 田中 忠明
東京都渋谷区神南2丁目2番1号 日本放送協会 放送センター内
(72)発明者 岡村 浩志
東京都渋谷区神南2丁目2番1号 日本放送協会 放送センター内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.